

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 29 131.8

**Anmeldetag:** 27. Juni 2003

**Anmelder/Inhaber:** Rheinmetall W & M GmbH, Unterlüß/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zur Innenbeschichtung eines Waffenrohres

**Priorität:** 18.9.2002 DE 102 43 314.3

**IPC:** F 41 A 21/04

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 1. September 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Stefan Kaufmann".

Betrag

32140-190940  
Stefan KAUFMANN  
10/647,535

### **Verfahren zur Innenbeschichtung eines Waffenrohres**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Innenbeschichtung eines Waffenrohres, auf dessen innere Oberfläche mindestens in einem Teilbereich eine Schicht eines Schichtwerkstoffes zur Vermeidung von Erosionen aufgebracht wird.

In der Waffentechnik bewirken leistungsgesteigerte Munitionsarten aufgrund ihrer beim Abschuß entstehenden hohen Gastemperaturen und Strömungsgeschwindigkeiten, insbesondere bei den aus Stahl bestehenden Waffenrohren, starke Erosionen, die das jeweilige Waffenrohr bereits vor Erreichen seiner Ermüdungslebensdauer verschleißt. Es ist bereits bekannt, die entsprechenden Waffenrohre zwecks Vermeidung derartiger Erosionen mit einer Hartchromschicht zu versehen. Dabei wird der Hartchrom elektrolytisch an der inneren Oberfläche des Waffenrohres abgeschieden.

Nachteilig ist bei diesem bekannten Verfahren unter anderem, daß die elektrolytisch abgeschiedenen Hartchromschichten der leistungsgesteigerten Munition nicht standhalten. An den sich dadurch ergebenden Chromausbrüchen entstehen nach und nach starke Erosionen.

Es ist bereits vorgeschlagen worden, Schutzschichten aus hochschmelzenden Werkstoffen, wie Niob, Molybdän, Tantal, Hafnium, Vanadin, Wolfram, Zirkonium oder deren Legierungen, in Schichtdicken bis zu einigen mm, z.B. durch Plasmaspritzen oder Laserauftragsschweißen, auf die innere Oberfläche des Waffenrohres aufzubringen. Dabei hat sich gezeigt, daß sich beim Plasmaspritzen an der inneren Oberfläche des Waffenrohres jeweils Schutzschichten ablagern, die eine relativ geringe Verbindung mit dem Grundwerkstoff des Waffenrohres aufweisen und eine hohe Porosität besitzen.

Beim Laser-Auftragsschweißen wird auf die innere Oberfläche des Waffenrohres ein entsprechender Laserstrahl gelenkt, der die oberflächennahen Bereiche des Waffenrohres aufschmilzt. Der Schichtwerkstoff wird in pulver-, draht- oder bandförmiger Form kurz vor dem Auftreffen des Laserstrahles auf die innere Oberfläche des Waffenrohres eingebracht und durch diesen geschmolzen, so daß sich im oberflächennahen Bereich des Waffenrohres ein den geschmolzenen Waffenrohrwerkstoff und den Schichtwerkstoff enthaltendes Schmelzbad ausbildet, welches bei der Weiterbewegung des Laserstrahles erstarrt.

Als nachteilig hat sich beim Laserauftragsschweißen ergeben, daß eine relativ große Wärmemenge in den Rohrwerkstoff eingebracht werden muß, so daß teilweise Wärmeeinflußzonen von bis zu 10 mm gebildet werden. Dieses führt aber zu einer negativen Beeinflussung der Autofrettage-Eigenspannungen des entsprechenden Waffenrohres.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Innenbeschichtung eines Waffenrohres anzugeben, mit dem zur Vermeidung von Erosionen hochschmelzende Schichtwerkstoffe auf die innere Oberfläche des Waffenrohres aufgebracht werden können, die eine gute Verbindung mit dem Grundwerkstoff des Waffenrohres eingehen und bei deren Aufbringen der Eigenspannungszustand des Waffenrohres nur geringfügig durch Wärmeeintrag beeinflußbar sein soll.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs gelöst.

Der Erfindung liegt im wesentlichen der Gedanke zugrunde, zur Aufbringung einer Schutzschicht auf die innere Oberfläche des Waffenrohres ein Laser-unterstütztes Plasmaspritzverfahren einzusetzen. Der Schichtwerkstoff wird dabei durch Plasmaspritzen auf die innere Oberfläche des Waffenrohres aufgebracht und gleichzeitig wird ein Laserstrahl auf die innere Oberfläche des Waffenrohres gelenkt und die oberflächennahen beschichteten oder noch zu beschichtenden Bereiche des Waffenrohres aufgeschmolzen, so daß sich im oberflächennahen Bereich des Waffenrohres ein den geschmolzenen Waffenrohrwerkstoff und den Schichtwerkstoff enthaltendes Schmelzbad ausbildet, welches bei der Weiterbewegung des Laserstrahles erstarrt.

Überraschenderweise hat sich gezeigt, daß bei einem derartigen Verfahren einerseits eine gute Verbindung zwischen der Schutzschicht und dem Grundwerkstoff des Waffenrohres (in der Regel Stahl) sichergestellt wird und daß andererseits keine hohen Energieeinträge in den Grundwerkstoff erfolgen, so daß ein durch Autofrettage erzeugter Eigenspannungszustand im Waffenrohr wenig bzw. vernachlässigbar gering beeinflußt wird, weil der Wärmeeintrag im Bereich  $\leq 5$  mm, vorzugsweise im Bereich  $\leq 1$  mm liegt.

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus dem folgenden anhand einer Figur erläuterten Ausführungsbeispiel.

In der Fig. ist mit 1 ein Waffenrohr bezeichnet, welches in einem Teilbereich 2 mit einem Hartmetall, z.B. Niob, beschichtet werden soll.

Zur Beschichtung des Waffenrohres 1 ist in dem Waffenrohr eine an sich bekannte Plasmaspritzanlage 3 angeordnet. Diese erzeugt einen Plasmastrahl 4 hoher Temperatur und hoher Strömungsgeschwindigkeit, in den mittels eines nicht dargestellten Pulverinjektors der pulverförmige Schichtwerkstoff eingebracht wird. Durch den heißen Plasmastrahl wird der Schichtwerkstoff dann geschmolzen und tröpfchenförmig mit hoher Geschwindigkeit zur inneren Oberfläche 5 des Waffenrohres 1 beschleunigt.

Gleichzeitig wird der von einem  $\text{CO}_2$ - oder Nd:YAG-Laser 6 erzeugte Laserstrahl 7 über einen Umlenkspiegel 8 auf die innere Oberfläche 5 des Waffenrohres 1 gelenkt und der gerade mit dem Schichtwerkstoff 9 beschichtete Waffenrohrbereich 10 kurzzeitig aufgeschmolzen, so daß sich in dem oberflächennahen Bereich des Waffenrohres 1 ein den geschmolzenen Waffenrohrwerkstoff und den Schichtwerkstoff enthaltendes Schmelzbad 11 ausbildet, welches bei der Weiterbewegung des Plasma- und Laserstrahles 4 und 7 erstarrt.

Eine flächige Beschichtung der inneren Oberfläche 5 des Waffenrohres 1 in dem Teilbereich 2 wird dadurch erhalten, daß die Plasmaspritzanlage 3 sowie der Laserstrahl 6 und das Waffenrohr 1 relativ zueinander eine spiralförmige Bewegung ausführen. Hierzu kann beispielsweise die Plasmaspritzanlage 3 mit dem Umlenkspiegel 8 mit Hilfe einer nicht dargestellten Verfahreinrichtung sowohl eine axiale als auch eine rotatorische Bewegung durchführen.

Nach vollständigem Aufbringen des Schichtwerkstoffes 9 auf den Teilbereich 2 kann, so weit erforderlich, eine mechanische Nachbearbeitung erfolgen.

Die Erfindung ist selbstverständlich nicht auf das vorstehend beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt. So muß beispielsweise der Laserstrahl 7 nicht zwingend direkt auf den Fokussierfleck 12 des Plasmastrahles 4 gerichtet werden, sondern kann die innere Oberfläche des Waffenrohres 1 auch unmittelbar vor dem Fokussierfleck 12 kurzzeitig aufschmelzen.

Um eine Verbesserung der Haftfestigkeit zu erreichen, kann es außerdem vorteilhaft sein, statt nur einer Schicht eines Schichtwerkstoffes mehrere Schichten gleicher oder unterschiedlicher Schichtwerkstoffe nacheinander auf die innere Oberfläche des Waffenrohres aufzutragen.

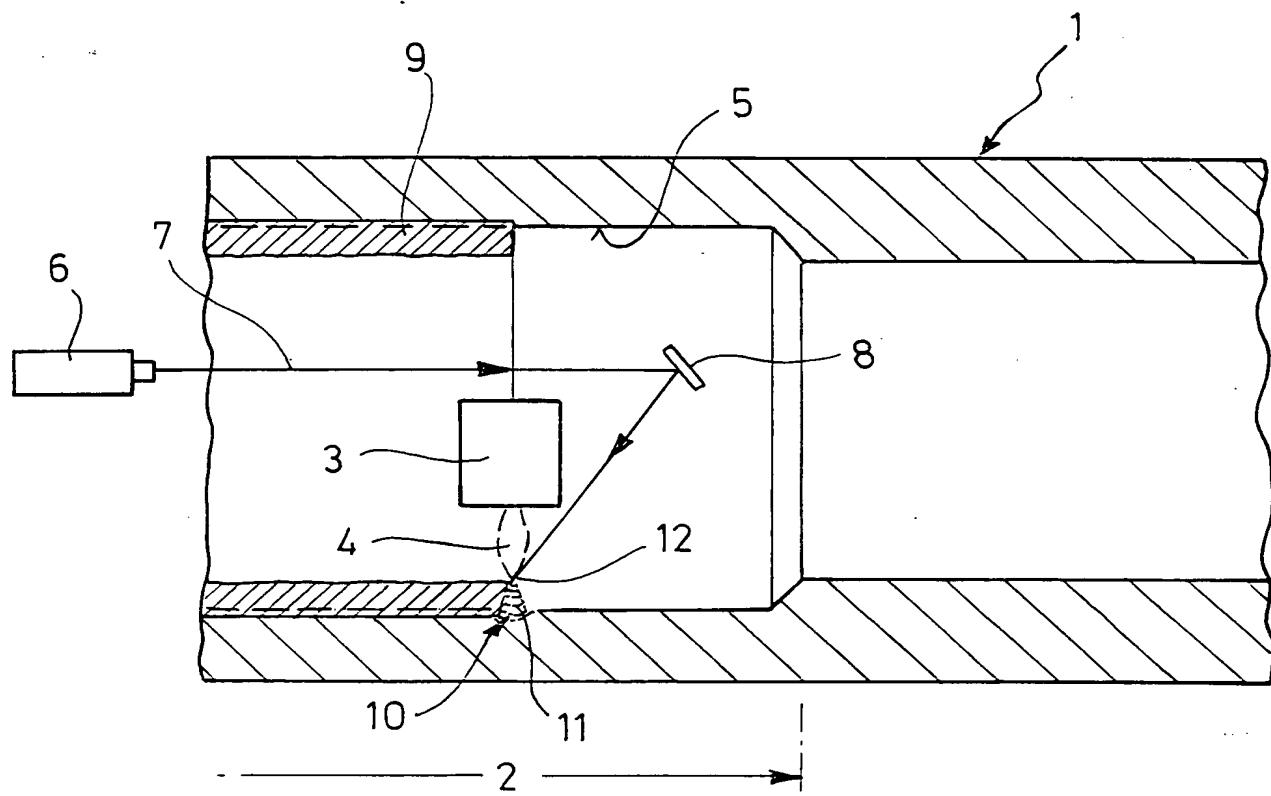
### **Bezugszeichenliste**

1	Waffenrohr
2	Teilbereich
3	Plasmaspritzanlage
4	Plasmastrahl
5	innere Oberfläche
6	Laser
7	Laserstrahl
8	Umlenkspiegel
9	Schichtwerkstoff, Schicht
10	Waffenrohrbereich
11	Schmelzbad
12	Fokussierfleck

### **Patentanspruch**

Verfahren zur Innenbeschichtung eines Waffenrohres (1), auf dessen innere Oberfläche (5) mindestens in einem Teilbereich (2) eine Schicht eines Schichtwerkstoffes (9) zur Vermeidung von Erosionen aufgebracht wird, mit den Merkmalen:

- a) der Schichtwerkstoff (9) wird durch Plasmaspritzen auf die innere Oberfläche (5) des Waffenrohres (1) aufgebracht und
- b) gleichzeitig mit dem Plasmaspritzen wird ein Laserstrahl (7) auf die innere Oberfläche (5) des Waffenrohres (1) gelenkt und der oberflächennahe, gerade beschichtete oder noch zu beschichtende Waffenrohrbereich (10) aufgeschmolzen, so daß sich im oberflächennahen Waffenrohrbereich (10) des Waffenrohres (1) ein den geschmolzenen Waffenrohrwerkstoff und den Schichtwerkstoff enthaltendes Schmelzbad (11) ausbildet, welches bei der Weiterbewegung des Laserstrahles (7) erstarrt.



## **ZUSAMMENFASSUNG**

**( Fig. )**

### **Verfahren zur Innenbeschichtung eines Waffenrohres**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Innenbeschichtung eines Waffenrohres (1), auf dessen innere Oberfläche (5) mindestens in einem Teilbereich (2) eine Schicht eines Schichtwerkstoffes (9) zur Vermeidung von Erosionen aufgebracht wird.

Um auf einfache Weise hochschmelzende Schichtwerkstoffe auf die innere Oberfläche (5) des Waffenrohres (1) aufzubringen, wobei der Eigenspannungszustand des Waffenrohres (1) nur geringfügig durch Wärmeeintrag beeinflußbar sein soll, schlägt die Erfindung vor, die Innenbeschichtung des jeweiligen Waffenrohres (1) durch Plasmaspritzen aufzubringen und gleichzeitig mit dem Plasmaspritzen einen Laserstrahl (7) auf die innere Oberfläche (5) des Waffenrohres (1) zu lenken und den oberflächennahen, gerade beschichteten oder noch zu beschichtenden Waffenrohrbereich (10) aufzuschmelzen, so daß sich im oberflächennahen Waffenrohrbereich (10) des Waffenrohres (1) ein den geschmolzenen Waffenrohrwerkstoff und den Schichtwerkstoff enthaltendes Schmelzbad (11) ausbildet, welches bei der Weiterbewegung des Laserstrahles (7) erstarrt.

